

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## Bibliography

- (19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)  
 (12) [Kind of official gazette] Open patent official report (A)  
 (11) [Publication No.] JP,6-348305,A  
 (43) [Date of Publication] December 22, Heisei 6 (1994)  
 (54) [Title of the Invention] The parameter adjusting device of a PID controller  
 (51) [The 5th edition of International Patent Classification]

G05B 13/02            D 9131-3H  
 13/04                9131-3H

[Request for Examination] Un-asking.  
 [The number of claims] 1  
 [Mode of Application] OL  
 [Number of Pages] 10  
 (21) [Application number] Japanese Patent Application No. 5-131671  
 (22) [Filing date] June 2, Heisei 5 (1993)  
 (71) [Applicant]  
 [Identification Number] 000006208  
 [Name] Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.  
 [Address] 2-5-1, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo  
 (72) [Inventor(s)]  
 [Name] Fujiwara Toshikatsu  
 [Address] 1-1-1, Wadasaki-cho, Hyogo-ku, Kobe-shi, Hyogo-ken Inside of Mitsubishi Heavy Industries Kobe Shipbuilding yard  
 (72) [Inventor(s)]  
 [Name] Miyagawa Hirokazu  
 [Address] 1-1-1, Wadasaki-cho, Hyogo-ku, Kobe-shi, Hyogo-ken Inside of Mitsubishi Heavy Industries Kobe Shipbuilding yard  
 (74) [Attorney]  
 [Patent Attorney]  
 [Name] Suzue Takehiko

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

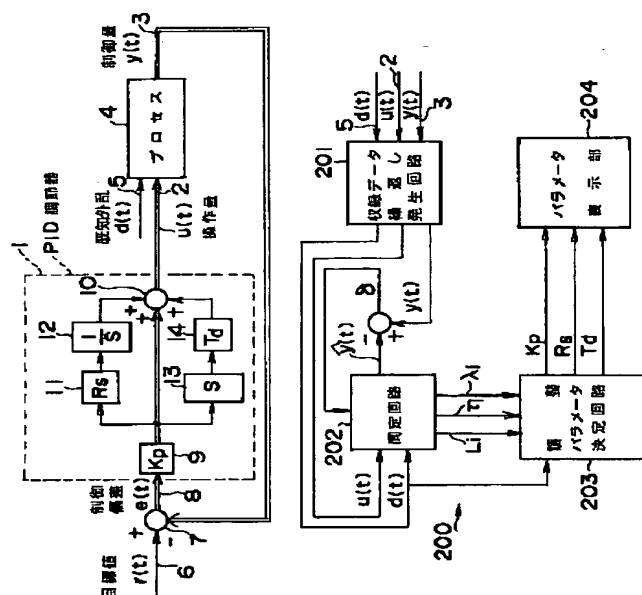
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## Epitome

- (57) [Abstract]  
 [Objects of the Invention] While being able to adjust the parameter of a PID controller in the state of a closed loop system, the optimal parameter is called for for a short time.  
 [Elements of the Invention] desired value — (— r —) — six — a process — four — observed value — it is — a

controlled variable — ( $y$ ) — three — system deviation — ( $e$ ) — eight — being based — the above — a process — four — a control input — ( $u$ ) — two — obtaining — proportionality — an integral — differential — three — actuation — from — becoming — PID — a controller — one — receiving — While the model which consists of a dead-time property and a primary delay property expresses the relation of the presumed controlled variable to the above-mentioned control input ( $u$ ) 2, the model of the primary progress delay property expresses the relation of the presumed controlled variable to the known disturbance ( $d$ ) 5 to the above-mentioned process 4. and — the above — both — a model — an output — adding — the — an aggregate value — the above — a process — one — observed value — it is — a controlled variable — ( $y$ ) — three — approaching — as — the parameter of a model — the identification circuit 202 — identifying .

[Translation done.]



[Translation done.]

#### \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

#### CLAIMS

##### [Claim(s)]

[Claim 1] The PID controller which consists of 3 actuation of the proportionality, the integral, and differential which obtains the control input of the above-mentioned process based on the system deviation of desired value and the controlled variable which is the observed value of a process characterized by providing the following A means by which the model which consists of a dead-time property and a primary delay property expresses the relation of the presumed controlled variable to the above-mentioned control input A means by which the model of the primary progress delay property expresses the relation of the presumed controlled variable to the known disturbance to the above-mentioned process An addition means to add the output of both the above-mentioned models An identification means to identify the parameter of a model approaching the controlled variable whose value added with this means is the observed value of the above-mentioned process

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the parameter adjusting device of the PID controller applied to process control equipment etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] the former -- PID -- a controller -- a parameter -- an adjusting device -- drawing 6 -- being shown -- as -- PID -- a controller -- one -- cutting -- a control input -- ( -- u -- ) -- two -- a step -- a status change -- izing -- receiving -- a controlled variable -- ( -- y -- ) -- three -- behavior -- asking -- the dead time -- a property -- the dead time -- L -- one -- order -- delay -- a property -- a time constant -- tau -- a process -- four -- a property -- approximating -- having expressed -- after -- JIGURA - NIKORUSU -- the parameter of a PID controller be decided by technique carried by the textbook, such as law.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the former, an adjustment parameter is decided by general technique, such as the JIGURA NIKORUSU method, or it is asking by trial-and-error. However, there is a limitation in the former preparation and there is a problem that high controllability ability is difficult to get. Moreover, long duration is taken to obtain high controllability ability to the approach of searching for by the latter trial-and-error, and high controllability ability may not be obtained depending on the case.

[0004] Moreover, by the conventional approach, since a PID controller is cut and it is obliged to operation by the open loop, a dangerous condition may happen depending on the case. This invention was made in view of the above-mentioned actual condition, and it aims at offering the parameter adjusting device of the PID controller which can ask for the optimal parameter in a short time while it can adjust the parameter of a PID controller in the state of a closed loop system [ having connected the PID controller ].

[0005]

[Means for Solving the Problem] The parameter adjusting device of the PID controller concerning this invention In the PID controller which consists of 3 actuation of the proportionality, the integral, and differential which obtains the control input of the above-mentioned process based on system deviation with the controlled variable which are desired value and the observed value of a process A means by which the model which consists of a dead-time property and a primary delay property expresses the relation of the presumed controlled variable to the above-mentioned control input, A means by which the model of the primary progress delay property expresses the relation of the presumed controlled variable to the known disturbance to the above-mentioned process, It is characterized by providing an addition means to add the output of both the above-mentioned models, and an identification means to identify the parameter of a model approaching the controlled variable whose value added with this means is the observed value of the above-mentioned process.

[0006]

[Function] The method of determining the parameter of a PID controller is fundamentally based on  $K/\tau * S$  law. Here,  $K/\tau * S$  law is an approach of deciding the transfer characteristics from the input of a PID controller to the output of a process, i.e., the parameter of the PID controller which can bring an open-loop transfer function close to  $K/\tau * S$ , and it consists of the following functions. S means the Laplacian operator, K is decided with a certain relational expression here, and it is  $\tau*$ . It is a value equivalent to the time delay of a process.

[0007] First, the observation data of a process are used and a process is approximated by the degree type. In addition, this approximation is performed using the identification circuit 202 of drawing 2 which mentions a detail later and drawing 4, and the identification procedure shown in the flow chart of drawing 5.

[0008]

[Equation 1]

$$\hat{y}(s) = \lambda d \frac{1 + \mu d S}{1 + \tau d S} d(s) + e^{-LS} \frac{\lambda}{1 + \tau S} u(s) \quad \dots (1)$$

[0009] Here,  $d(s)$  is known disturbance,  $u(s)$  is a control input, and S is the Laplacian operator.  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\tau$ , and L,  $\lambda$  and  $\tau$  are the identification circuits of drawing 2, and are obtained by searching for output  $\hat{y}$  [ of the model of the above-mentioned (1) formula ]  $\hat{y}(s)$ , i.e., the value which can make small the difference  $\delta$  of a presumed controlled variable ( $\hat{y}$ ) and the controlled variable ( $y$ ) of a process. Next, only the 2nd term of the right-hand side of (1) type is taken out, and the part of this transfer function is approximated in a secondary delay

property like a degree type.

[0010]

[Equation 2]

$$e^{-LS} \frac{\lambda}{1 + \tau S} \approx \frac{\lambda}{(1 + LS)(1 + \tau S)} \quad \dots (2)$$

[0011] Furthermore, in order to set an open-loop transfer function to  $K/\tau * S$ , the parameter of a PID controller is decided with the relational expression of a degree type.

$$G_c(s) = \{K(1+LS)\} (1+\tau S) / \lambda \tau * S \quad \dots (3)$$

Here, it is  $G_c(s)$  is the transfer function of a PID controller. Since the approximation transfer function of the transfer function from control input  $u(s)$  to controlled-variable  $y(s)$  is the right-hand side of (2) types, an open-loop transfer function is obtained by the multiplication of (3) types and (2) types, and serves as a degree type.

[0012]

[Equation 3]

$$\frac{K(1+LS)(1+\tau S)}{\lambda \tau * S} \cdot \frac{\lambda}{(1+LS)(1+\tau S)} = \frac{K}{\tau * S} \quad \dots (4)$$

[0013] Namely,  $G_c$  of (3) types It turns out that  $K/\tau * S$  made into the purpose is obtained in approximation by adopting (s). Then,  $G_c$  It will become a degree type, if (s) is made to correspond with the parameter of a PID controller concretely and is seen.

[0014]

[Equation 4]

$$G_c(s) = \frac{K(1+LS)(1+\tau S)}{\lambda \tau * S}$$

$$= \frac{K}{\lambda} \left( 1 + \frac{1}{\tau * S} + \frac{L\tau}{\tau * S} \right) \quad \dots (5)$$

[0015] Here, it set with  $\tau * = L + \tau$ . If the parameter of a PID controller is determined by the above-mentioned (5) formula, since the open-loop transfer function is  $K/\tau * S$  in approximation, it turns out that the response characteristic of the controlled variable (y) to desired value (r) turns into a primary delay property. Then, in order to improve a response characteristic further, the value of  $\alpha (> 1)$  is applied to the 2nd term in the parenthesis of (5) types, and integral control action is strengthened. In addition, although  $\alpha = 2$  is made into a criterion, it is not usually limited to this value. Namely,  $G_c$  in consideration of  $\alpha$  (s)  $G_c(s) = K/\lambda \{1 + \alpha/\tau * S + 1/S + (L\tau/\tau *) S\}$

$$= K_p [1 + R_s + (1/S) T_d S] \quad \dots (6)$$

It becomes. Therefore, the proportional gain  $K_p$  of the parameter of a PID controller and a reset rate  $R_s$  And the derivative time  $T_d$  It asks by the degree type.

[0016]

$$K_p = K/\lambda \quad R_s = \alpha/\tau * \quad T_d = L \tau / \tau * \quad \dots (7)$$

Moreover,  $K$  shall be decided by the degree type.

[0017]

$$K = \beta \tau / (\beta \tau + \tau) \quad \dots (8)$$

Here, although  $\beta = 5$  is made into a criterion, it is not limited to this value. In addition, since becoming a primary delay property with the time constant of  $\tau */ K$  if open-loop-transfer-function  $K/\tau * S$ 's is made into a closed loop system is known well, the basis of the above-mentioned (8) formula considers what kind of value should be adopted as a value of  $\tau */ K$  there.

[0018] First, when a dead-time property is in a controlled system, the time constant (value of dead-time  $L$ ) of do [ it / according to a closed loop system / any more / small ] equivalent to the dead time is clear. It considers shortening the time constant  $\tau$  shown by the 2nd term of the right-hand side of (1) type according to a closed loop system next. The rate to shorten is considered to be  $\tau / \beta$ . Here, it is  $\beta > 1$ . However, when dead-time  $L$  is contained in a process, it is influenced of the dead time. If the value is considered to be  $L/K$ , it needs to add a time constant  $\tau$  to the value of the target which is a part for  $\beta$  to double one. That is, it will become a degree type if the above contents are expressed by the formula.

[0019]

$$\tau */ K = L + (L/K) + (\tau / \beta) \quad \dots (9)$$

Therefore, (8) types are obtained by arranging (9) types. Although the parameter of a PID controller is determined using the above relational expression, fundamentally, the observation data of a process are repeated and used, a process is identified with the below-mentioned identification means by (1) formula, and a parameter is decided according to obtained dead-time  $L$ , a time constant  $\tau$ , and Gain  $\lambda$ .

[0020] In order to make the output of a model, and the difference of corresponding observed value into zero with an identification means, the value which multiplies the value equivalent to the difference and the existing variable which was decided, and is acquired is considered as the input of an integrator through a coefficient multiplier, and the function to make the output value of the integrator correspond with the parameter of a model, and to make it

identify is very required. In addition, a multiplier is placed between the above-mentioned coefficient multipliers and integrators at the network which identifies the parameter of a time constant, the output of a coefficient multiplier is connected to one of the two of an input of a multiplier, and it is [0021] in the side else.

[Equation 5]

$(e^{-\sqrt{\tau}})^2$  の値を入力する。ここで、 $(e^{-\sqrt{\tau}})^2$

In case the big time constant tau is identified, it has adopted for dropping gain and raising the convergency of identification.

[0022] Furthermore, in the case of identification of dead-time L of the 2nd term of the right-hand side of (1) type, and a time constant tau, three kinds of values of dead-time L are set up beforehand, and the identification error in each L is searched for at it, and the relation between dead-time L and an identification error is expressed by the secondary formula, and it asks for dead-time L from which an identification error serves as min. When there is a value of obtained dead-time L out of range [ the value of dead-time L which is three kinds set up beforehand ] in that case, one point of three kinds of set points of dead-time L is changed, and an identification error is searched for, and it identifies repeatedly until dead-time L obtained comes to three kinds set up beforehand of within the limits. And in the phase where dead-time L which fulfills the above conditions was called for, again, it identifies and asks for the last parameter of a model.

[0023]

[Example] Hereafter, one example of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 1 is an overall conceptual diagram concerning one example of this invention. Moreover, it is the block diagram in which drawing 2 shows an identification circuit and drawing 3 shows the detail of an adjustment parameter decision circuit.

[0024] First, drawing 1 explains an overall configuration. In drawing 1, the upper part shows the relation between the target PID controller 1 and a process 4, and shows the conceptual diagram of the parameter adjusting device (tuning equipment) 200 of the PID controller of this invention to the lower part.

[0025] It is aimed at the process 4 in which a controlled variable (y) 3 is changed in response to the known disturbance (d) 5 as shown in drawing 1 in this invention. PID — a controller — one — desired value — (— r —) — six — a controlled variable — (— y —) — three — bringing close — a sake — a subtractor 7 — system deviation (e) 8 — incorporating — after the below-mentioned operation and a control input (u) 2 — outputting . The operation of the PID controller 1 tells the value acquired through the coefficient multiplier 9 (proportional gain Kp) in system deviation (e) 8 in the three directions. Inputting one into the direct adder 10, the second is inputted into an integrator 12 through a coefficient multiplier 11 (reset rate Rs), and they input the output into an adder 10. The third is inputted into a coefficient multiplier 14 (derivative time Td) through a differentiator 13, and they input the output into an adder 10.

[0026] The parameter adjusting device 200 of the above-mentioned PID controller It consists of the inclusion data repetition generating circuit 201, the identification circuit 202, an adjustment parameter decision circuit 203, and the parametric representation section 204. For the above-mentioned object known — disturbance — (— d —) — five — or — desired value — (— r —) — six — changing — \*\*\*\* — the time — a control input — (— u —) — two — a controlled variable — (— y —) — three — and — known — disturbance — (— d —) — five — the inclusion data repetition generating circuit 201 — as time series data — recording — Repeat the data, it is made to generate and they are the parameter Kp of the PID controller 1, Rs, and Td at off-line. It determines.

[0027] Next, the detail of the above-mentioned identification circuit 202 and the adjustment parameter decision circuit 203 is explained. It adds to each parameter lambda of the transfer characteristics of (1) type, mud, taud, and L, lambda and tau, and drawing 2 is lambda of a bias term. It is the identification circuit 202 for which it asks.

[0028] this — identification — a circuit — 202 — using it — a control input — (— u —) — two — a controlled variable — (— y —) — three — and — known — disturbance — (— d —) — five — all — inclusion — data — a repetition — generating — a circuit — 201 — obtaining — having had — a value — it is . One inputs a control input (u) 2 into the molecule of a divider 15, and others input it into a multiplier 16. a divider — 15 — a denominator — \*\*\*\* — the after-mentioned — an adder — 85 — from — outputting — having — a norm — a value. — (— Z —) — 17 — inputting — the output of a divider 15 — one side of a multiplier 18 — inputting . The value (delta i ') 21 which doubled the identification error (delta i) 19 k with the coefficient multiplier 20 is inputted into another side of a multiplier 18, and the output of a multiplier 18 is inputted into a coefficient multiplier 22. The output of a coefficient multiplier 22 is inputted into an integrator 23, and the output of an integrator 23 serves as gain (lambda i) 24. And the value is inputted into a multiplier 16 and inputted into the dead-time generator 25 through a multiplier 16. The dead-time value (Li) 26 as which the value of the dead time of the dead-time generator 25 is determined by the algorithm of drawing 4 and drawing 5 is inputted. The output of the dead-time generator 25 is inputted into the forward side of a subtractor 27, and the output of an integrator 28 is inputted into a negative side.

[0029] One inputs the output of a subtractor 27 into the molecule of a divider 29, and others input it into a multiplier 30. a divider — 29 — a denominator — \*\*\*\* — the after-mentioned — a norm — a value — (— Z —) — 17 — inputting — the output of a divider 29 — one side of a multiplier 31 — inputting . The value (delta i ') 21 which doubled the identification error (delta i) 19 k is inputted into another side of a multiplier 31, and the output of a multiplier 31 is inputted into a coefficient multiplier 32. The output of a coefficient multiplier 32 is inputted into an integrator 34 through a multiplier 33, and the output of an integrator 34 is time constant tau i. It becomes the inverse number. And the value is inputted into a multiplier 30 and the output of a multiplier 30 turns into an input

of an integrator 28. Here, the value acquired through the divider 35 which can ask for the inverse number of the output of an integrator 34, the extraction-of-the-square-root machine 36, a signal converter 37, the exponential-function generator 38, and the multiplier 39 of square is inputted into another side of a multiplier 33.

[0030] Similarly, one inputs the known disturbance (d) 5 into the molecule of a divider 40, and others input it into a multiplier 41. a divider — 40 — a denominator — \*\*\*\* — the after-mentioned — a norm — a value — (— Z —) — 17 — inputting — the output of a divider 40 — one side of a multiplier 42 — inputting. The value (deltai') 21 which doubled the identification error (deltai) 19 k is inputted into another side of a multiplier 42, and the output of a multiplier 42 is inputted into a coefficient multiplier 43. The output of a coefficient multiplier 43 is inputted into an integrator 44, and the output of an integrator 44 serves as gain (lambdadi) 45. And the value is inputted into a multiplier 41 and inputted into an adder 46 through a multiplier 41. The output of the multiplier 47 described below is inputted into another side of an adder 46. One inputs the output of the constant machine (the value 1 was set up) 48 into the molecule of a divider 49, and others input it into a multiplier 47. a divider — 49 — a denominator — \*\*\*\* — the after-mentioned — a norm — a value — (— Z —) — 17 — inputting — the output of a divider 49 — one side of a multiplier 50 — inputting. The value (deltai') 21 which doubled the identification error (deltai) 19 k is inputted into another side of a multiplier 50, and the output of a multiplier 50 is inputted into a coefficient multiplier 51. The output of a coefficient multiplier 51 is inputted into an integrator 52, and the output of an integrator 52 serves as the bias value (lambdabi) 53. And the value is inputted into an adder 46. The output of an adder 46 is inputted into the forward side of a subtractor 54, and the output of an integrator 55 is inputted into a negative side.

[0031] One inputs the output of a subtractor 54 into the molecule of a divider 56, and others input it into a multiplier 57. a divider — 56 — a denominator — \*\*\*\* — the after-mentioned — a norm — a value — (— Z —) — 17 — inputting — the output of a divider 56 — one side of a multiplier 58 — inputting. The value (deltai') 21 which doubled the identification error (deltai) 19 k is inputted into another side of a multiplier 58, and the output of a multiplier 58 is inputted into a coefficient multiplier 59. The output of a coefficient multiplier 59 is inputted into an integrator 61 through a multiplier 60, and the output of an integrator 61 serves as the inverse number of time constant taudi. And the value is inputted into a multiplier 57 and the output of a multiplier 57 turns into an input of an integrator 55. Here, the value acquired through the divider 62 which can ask for the inverse number of the output of an integrator 61, the extraction-of-the-square-root machine 63, a signal converter 64, the exponential-function generator 65, and the multiplier 66 of square is inputted into another side of a multiplier 60.

[0032] Furthermore, one inputs the output of a multiplier 57 into the molecule of a divider 67, and others input it into a multiplier 68. a divider — 67 — a denominator — \*\*\*\* — the after-mentioned — a norm — a value — (— Z —) — 17 — inputting — the output of a divider 67 — one side of a multiplier 69 — inputting. The value (deltai') 21 which doubled the identification error (deltai) 19 k is inputted into another side of a multiplier 69, and the output of a multiplier 69 is inputted into a coefficient multiplier 70. The output of this coefficient multiplier 70 is inputted into an integrator 71, and serves as the differential coefficient value (mudi) 72.

[0033] The output of an integrator 55 and the output of a multiplier 68 are inputted into an adder 73, and the output of an adder 73 and the output of an integrator 28 are inputted into an adder 74. And the output of an adder 74 serves as the controlled variable ( $y^*$ ) 75 of presumption obtained by the identified model. In a subtractor 76, a controlled variable (y) 3 is inputted into a forward side, the presumed controlled variable ( $y^*$ ) 75 is inputted into a negative side, and the identification error (deltai) 19 is acquired as an output.

[0034] Next, the value (Z) 17 of the norm which appeared often in the explanation which is the above-mentioned is explained. a control input — (— u —) — two — squaring — a multiplier — 77 — a subtractor — 27 — an output — squaring — a multiplier — 78 — known — disturbance — (— d —) — five — squaring — a multiplier — 79 — each — an output — an adder — 80 — having added — a value — Let the value which added the value which added each output of the multiplier 81 which squares the output of a subtractor 54, the multiplier 82 which squares the output of the constant machine 48, and the multiplier 83 which a multiplier 57 squares with the adder 84 with the adder 85 be the value (Z) 17 of a norm.

[0035] Drawing 3 is the block diagram showing the detail of the adjustment parameter decision circuit 203. The dead time L4 and the time constant tau 4 which were obtained by the algorithm shown in the flow chart of drawing 4 and drawing 5 And gain lambda 4 It is used and they are the parameter Kp of a PID controller, Rs, and Td. The procedure for which it asks is described below.

[0036] The value and time constant (tau 4) 89 which were obtained by carrying out the multiplication of the output of the constant machine 87 which can output the value of beta to the dead time (L4) 86 with a multiplier 88 are added with an adder 90. Moreover, a multiplier 91 carries out the multiplication of the output and time constant (tau 4) 89 of the constant machine 87, and inputs the output into the molecule of a multiplier 92. The output of an adder 90 is inputted into the denominator of this multiplier 92. Consequently, the output of a divider 92 serves as a value of K. The output of a divider 93 serves as a value of proportional gain (Kp) 95 by inputting the output K of a divider 92 into the molecule of a divider 93, and inputting gain (lambda 4) 94 into a denominator.

[0037] And the output of the constant machine 96 which can output the value of alpha is inputted into the molecule of a divider 97, and it is output tau\* of an adder 98 in a denominator. It inputs and the output of a divider 97 serves as a reset rate (Rs) 99. Output tau\* of an adder 98 The dead time (L4) 86 and a time constant (tau 4) 89 are inputted, and it is obtained. The derivative time (Td) 100 is the output of a divider 101, inputs into the molecule of a divider 101 the value which carried out the multiplication of the time constant (tau 4) 89 to the dead time (L4) 86 with the multiplier 102, and is output tau\* of an adder 98 in a denominator. It inputs.

[0038] Next, overall actuation of the above-mentioned example is explained with reference to the flow chart of

drawing 4 and drawing 5. First, the parameter of the PID controller 1 is initialized (step A1). Even when the controllability of initial setting is inadequate, it is taken as a value from which a control system becomes stability. and — drawing 1 — setting — known — disturbance — ( $-d-$ ) — five — or — desired value — ( $-r-$ ) — six — changing — having made — the time — known — disturbance — ( $-d-$ ) — five — a control input — ( $-u-$ ) — two — and — a controlled variable — ( $-y-$ ) — three — behavior — time series — one pattern — the inclusion data repetition generating circuit 201 — recording (step A2). For example, the behavior at the time of load taking up and down of operation etc. is usually equivalent to one pattern. Subsequently, it sets with " $i=1$ " and is L1 as initial value of the dead time. Although specified, generally it is made a small value (step A3).

[0039] The inclusion data repetition generating circuit 201 is the above-mentioned step A2. With the recorded data, known disturbance  $d(t)$ , control input  $u(t)$ , and controlled-variable  $y(t)$  are repeated, and it generates, and outputs to the identification circuit 202 (step A4). the identification circuit 202 — above-mentioned known disturbance  $d(t)$ , control input  $u(t)$ , and controlled-variable  $y(t)$  — being based — the dead time  $L_i$  Time constant  $\tau_{i+1}$  when fixing, and gain  $\lambda_{i+1}$  etc., while identifying being concurrent — identification error  $\delta_{i+1}$  the squared value — the appointed time zone of the part near the termination of an identification period — finding the integral — the integral value —  $\sigma_{i+1}$  — it carries out (step A5).

[0040] then, step A6 if it sets, it judges whether it was set to " $i=3$ " and  $i$  does not amount to 3 — the dead time  $L_i$  The value doubled two is set to " $L_{i+1}$ " (step A). Subsequently, one  $i$  is increased, and it sets with " $i=i+1$ " (step A8), and is step A4. Processing returned and described above is repeated and performed. if set to " $i=3$ " by repeating and performing processing of above-mentioned step A4 — A8 — step A6 from — step A9 It progresses.

[0041] this step A9 \*\*\*\* —  $L_1$ ,  $L_2$ , and  $L_3$   $y$  ordinates corresponding to the point of Abscissa  $x$ , and it —  $\sigma_{i+1}$ ,  $\sigma_{i+2}$ , and  $\sigma_{i+3}$  — it asks for the secondary type " $y=ax^2+bx+c$ " which passes along these points when carrying out. That is, multipliers  $a$ ,  $b$ , and  $c$  are computed using three points of  $x$ , and three points of  $y$ .

Furthermore,  $x$  which becomes the minimum value of  $y$  by zero and Lycium chinense about the value is computed by asking for the fine multiplier of  $y$  at step A10. That is, it computes by " $x=-b/2a$ " from  $d/dx=2ax+b=0$ . Here, the relation of  $a>0$  must be satisfied.

[0042] And it is the value of  $x$  calculated at the above-mentioned step A10  $L_4$  It carries out (step A11) and judges whether the conditions of " $L_4 < L_3$ " are satisfied (step A12). the case where the above-mentioned conditions are not satisfied —  $L_1 = L_2$  and  $L_2 = L_3$  — while carrying out —  $L_3$  the value doubled two —  $L_3$  \*\*\*\*\* — it replaces, it sets with  $\sigma_{i+2} = \sigma_{i+3}$ ,  $\sigma_{i+1} = \sigma_{i+2}$ , and  $i=3$ , and returns to step A4.

[0043] Moreover, it is  $L_4 < L_3$  at the above-mentioned step A12. When it is judged that conditions are satisfied, it progresses to step A13 and is the dead time  $L_4$ . They are the time constant  $\tau_4$  when fixing, and gain  $\lambda_4$  Step A4 and A5 A procedure is completed and identified. Furthermore,  $L_4$  obtained at this step A13,  $\tau_4$ , and  $\lambda_4$  It is used and they are  $K_p$  of the PID controller 1,  $R_s$ , and  $T_d$  in the adjustment parameter decision circuit 203 of drawing 3. It computes and displays on the parametric representation section 204 (step A14).  $K_p$  calculated at this step A14,  $R_s$ , and  $T_d$  An adjustment member sets it as the PID controller 1 (step A15), and ends parameter adjustment processing.

[0044] In addition, although the above-mentioned example explained the case where one PID controller 1 was formed, if the PID controller 1 is prepared for parameter adjustment at the time of preparing a large number by the number, all parameters can be adjusted at once.

[0045]

[Effect of the Invention] As a full account was given above, according to this invention, it can ask for the optimal parameter possible [ adjustment of the parameter of a PID controller ] in the state of a closed loop system [ having inputted the PID controller ] in a short time. Moreover, it is not necessary to impress the wave-like disturbance decided for adjustment, and there should just usually be observation data at the time of the load effect of operation.

---

[Translation done.]

## Error Message 4147

Too many users request transrating at present.  
The server cannot precess your request.  
Please try again after few minutes.

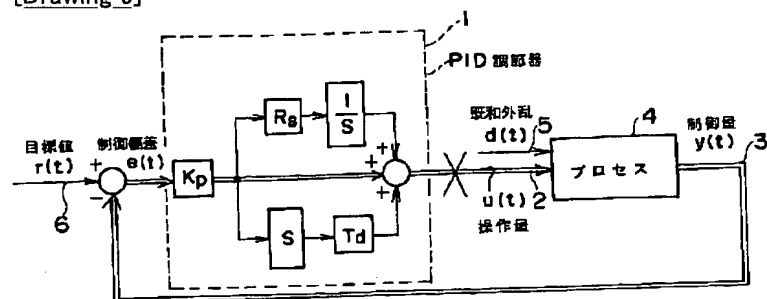
\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

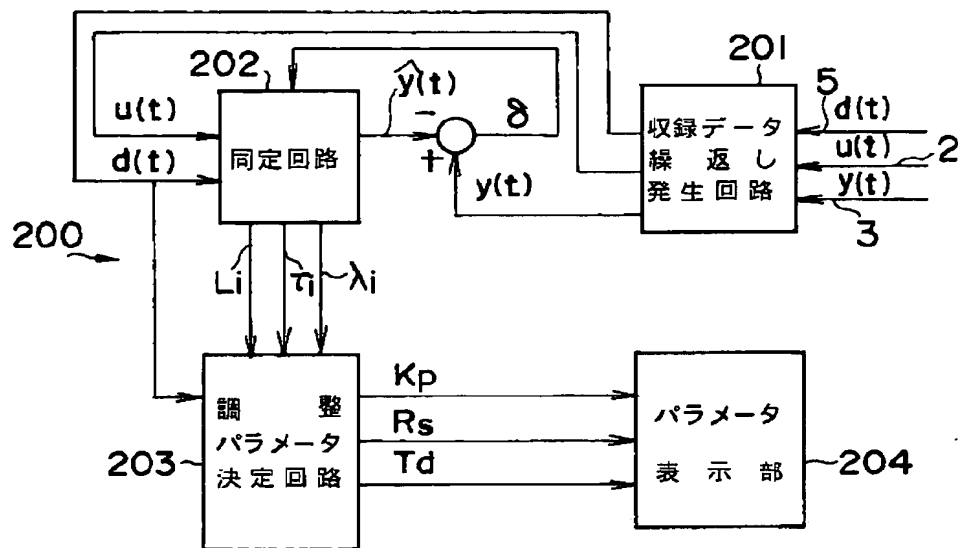
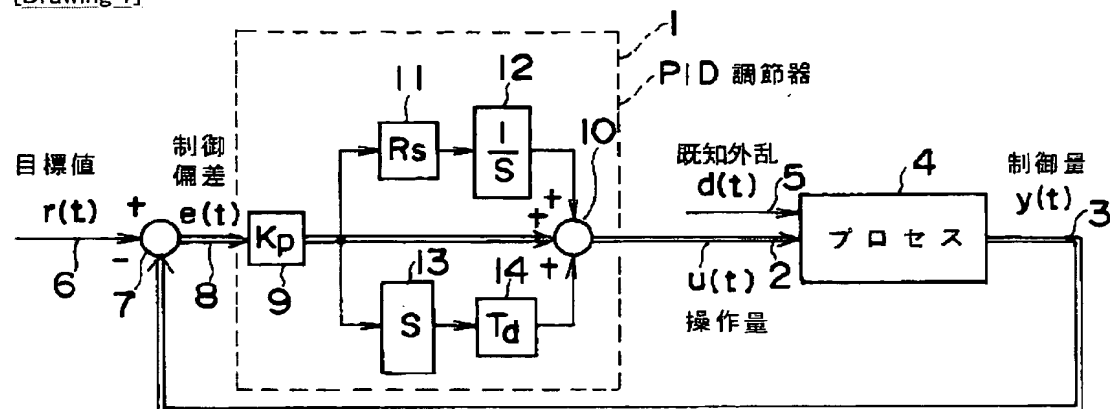
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 6]

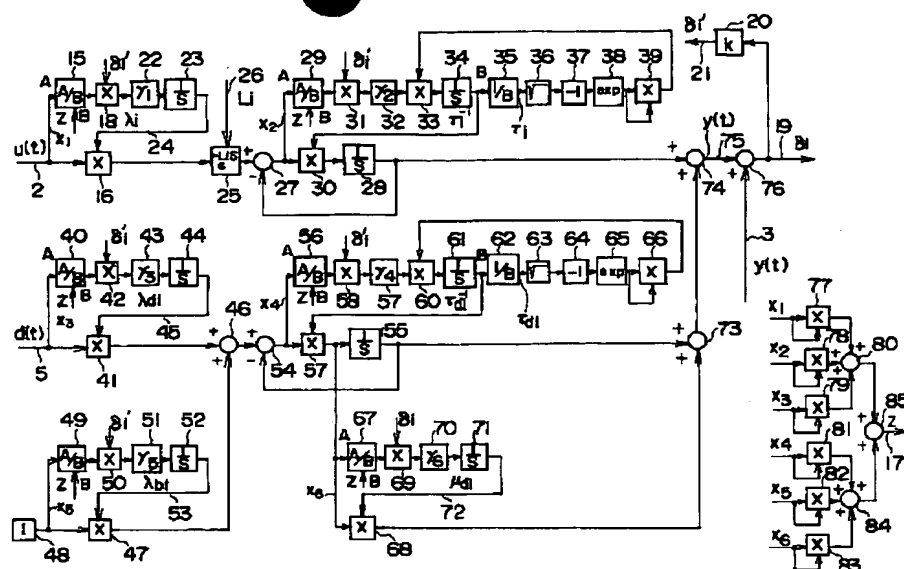


[Drawing 1]

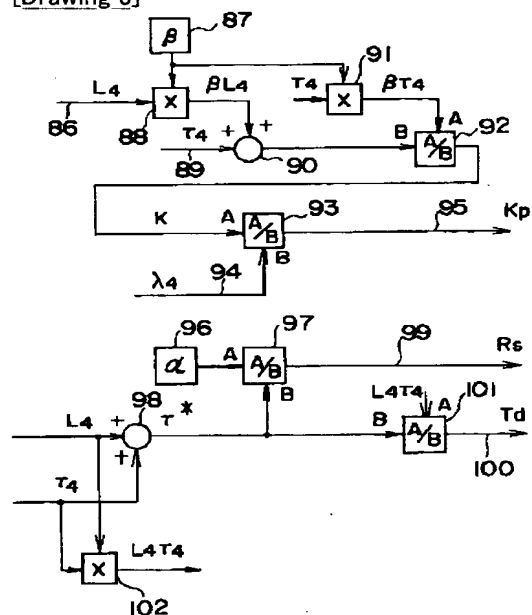


[Drawing 2]

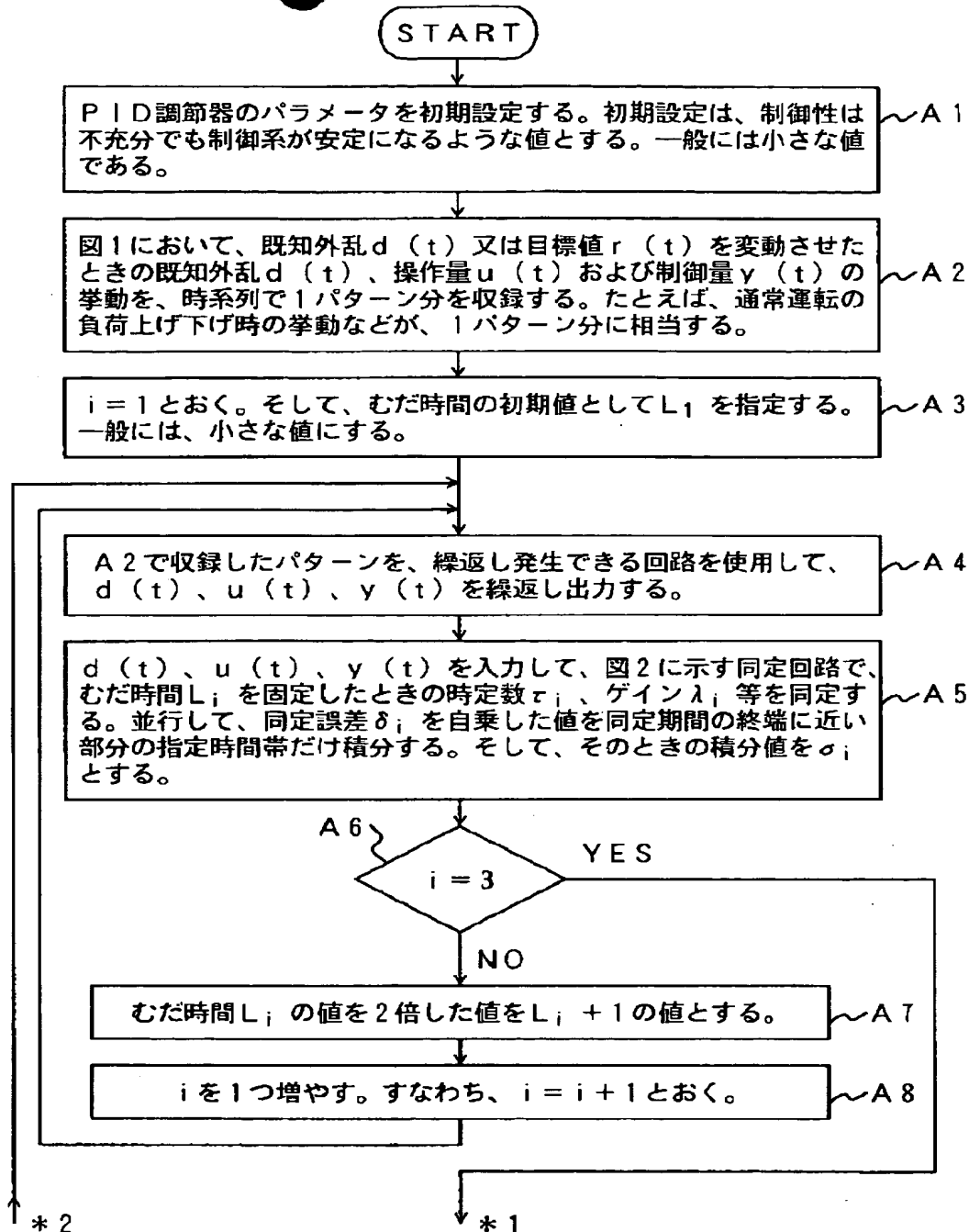




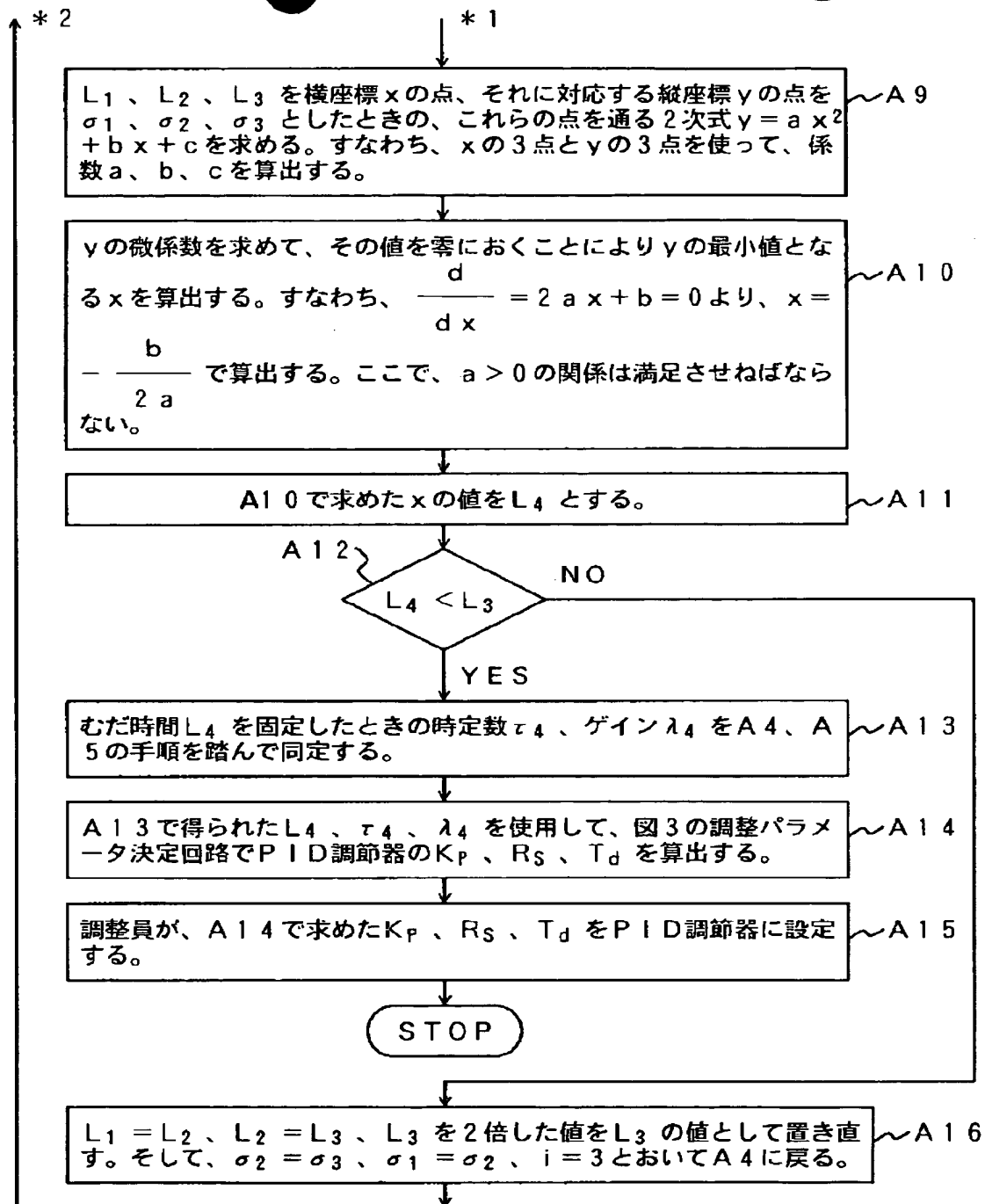
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-348305

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 5 B 13/02  
13/04

識別記号

庁内整理番号

D 9131-3H  
9131-3H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平5-131671  
(22) 出願日 平成5年(1993)6月2日

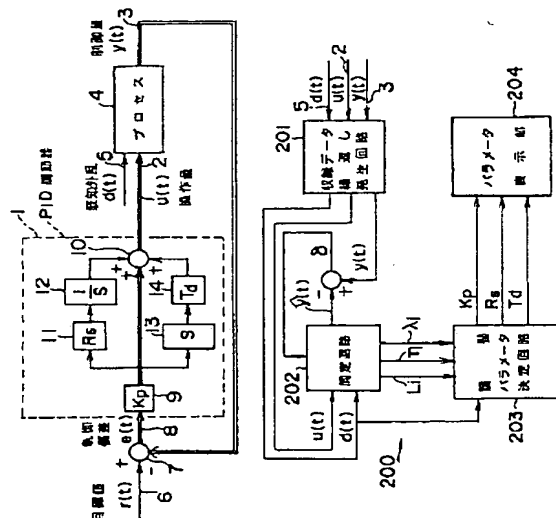
(71) 出願人 000006208  
三菱重工業株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号  
(72) 発明者 藤原 敏勝  
兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社神戸造船所内  
(72) 発明者 宮川 裕和  
兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社神戸造船所内  
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 P I D調節器のパラメータ調整装置

(57) 【要約】

【目的】 閉ループ系の状態でP I D調節器のパラメータを調整できると共に、短時間で最適なパラメータが求められるようにする。

【構成】 目標値 (r) 6 とプロセス4 の観測値である制御量 (y) 3 との制御偏差 (e) 8 に基づいて上記プロセス4 の操作量 (u) 2 を得る比例・積分・微分の3動作からなるP I D調節器1 に対し、上記操作量 (u) 2 に対する推定制御量の関係を、むだ時間特性と1次遅れ特性からなるモデルで表すと共に、上記プロセス4 への既知外乱 (d) 5 に対する推定制御量の関係を1次の進み遅れ特性のモデルで表す。そして、上記両モデルの出力を加算し、その加算値が上記プロセス1 の観測値である制御量 (y) 3 に近づくようにモデルのパラメータを同定回路2 0 2 により同定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 目標値とプロセスの観測値である制御量との制御偏差に基づいて上記プロセスの操作量を得る比例・積分・微分の3動作からなるPID調節器において、上記操作量に対する推定制御量の関係を、むだ時間特性と1次遅れ特性からなるモデルで表す手段と、上記プロセスへの既知外乱に対する推定制御量の関係を1次の進み遅れ特性のモデルで表す手段と、上記両モデルの出力を加算する加算手段と、この手段で加算された値が上記プロセスの観測値である制御量に近づくようにモデルのパラメータを同定する同定手段とを具備したことを特徴とするPID調節器のパラメータ調整装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、プロセス制御装置等に適用されるPID調節器のパラメータ調整装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、PID調節器のパラメータ調整装置は、図6に示すように、PID調節器1をカットして操作量(u)2のステップ状変化に対する制御量(y)3の挙動を求めて、むだ時間特性のむだ時間 $\tau_d$ と1次遅れ特性の時定数 $\tau$ でプロセス4の特性を近似して表わした後、ジグラ・ニコルス法等、教科書に掲載されている手法でPID調節器のパラメータを決めている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来では、調整パラメータをジグラ・ニコルス法等の一般的な手法で決めるか、あるいは試行錯誤により求めている。しかし、前者の調整法には限界があり、高い制御性能が得難いという問題がある。また、後者の試行錯誤により求める方法では、高い制御性能を得るまでに長時間を要し、場合によっては高い制御性能が得られないことがある。

【0004】 また、従来の方法では、PID調節器をカットして、開ループでの運転を余儀なくされるため、場\*

$$\tilde{y}(s) = \lambda d \frac{1 + \mu d S}{1 + \tau d S} d(s) + e^{-LS} \frac{\lambda}{1 + \tau S} u(s) \quad \dots (1)$$

【0009】 ここで、 $d(s)$ は既知外乱、 $u(s)$ は操作量で、 $S$ はラプラス演算子である。 $\lambda d$ 、 $\mu d$ 、 $\tau d$ 、 $L$ 、 $\lambda$ 、 $\tau$ は、図2の同定回路で、上記(1)式のモデルの出力 $\tilde{y}(s)$ 、すなわち推定の制御量( $y$ )とプロセスの制御量( $y$ )の差 $\delta$ を小さくできる値※

$$e^{-LS} \frac{\lambda}{1 + \tau S} \approx \frac{\lambda}{(1 + LS)(1 + \tau S)} \quad \dots (2)$$

【0011】 さらに、一巡伝達関数を $K/\tau^* S$ にするために、PID調節器のパラメータを次式の関係式によ\*

$$G_c(s) = \{K(1 + L S)(1 + \tau S)\} / \lambda \tau^* S \quad \dots (3)$$

ここで、 $G_c(s)$ はPID調節器の伝達関数である。操作量 $u(s)$ から制御量 $y(s)$ への伝達関数の近似伝達関数は、(2)式の右辺であるから、一巡伝達関数

\*合によっては危険な状態が起こる可能性がある。本発明は上記実情に鑑みてなされたもので、PID調節器を接続したままの開ループ系の状態でPID調節器のパラメータを調整できると共に、短時間で最適なパラメータを求めることができるPID調節器のパラメータ調整装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明に係るPID調節器のパラメータ調整装置は、目標値とプロセスの観測値である制御量との制御偏差に基づいて上記プロセスの操作量を得る比例・積分・微分の3動作からなるPID調節器において、上記操作量に対する推定制御量の関係を、むだ時間特性と1次遅れ特性からなるモデルで表す手段と、上記プロセスへの既知外乱に対する推定制御量の関係を1次の進み遅れ特性のモデルで表す手段と、上記両モデルの出力を加算する加算手段と、この手段で加算された値が上記プロセスの観測値である制御量に近づくようにモデルのパラメータを同定する同定手段とを具備したことを特徴とする。

## 【0006】

【作用】 PID調節器のパラメータを決定する方法は、基本的には $K/\tau^* S$ 法による。ここで、 $K/\tau^* S$ 法とは、PID調節器の入力からプロセスの出力までの伝達特性、すなわち、一巡伝達関数を $K/\tau^* S$ に近づけることができるPID調節器のパラメータを決める方法であり、以下の機能からなる。ここで、 $S$ はラプラス演算子を意味し、 $K$ はある関係式で決まり、 $\tau^*$ はプロセスの遅れ時間に相当する値である。

【0007】 まず、プロセスの観測データを使用して、プロセスを次式で近似する。なお、この近似は、詳細を後述する図2の同定回路202及び図4、図5のフローチャートに示す同定手順を使用して行なわれる。

## 【0008】

## 【数1】

※を探索するようにすることにより得られる。つぎに、(1)式の右辺第2項のみ取出して、この伝達関数の部分を次式のように2次遅れ特性で近似する。

## 【0010】

## 【数2】

★り決める。

は(3)式と(2)式の掛算で得られ、次式となる。

## 【0012】

## 【数3】

$$\frac{K(1-LS)(1+\tau S)}{\lambda \tau^* S} \cdot \frac{\lambda}{(1+LS)(1+\tau S)} = \frac{K}{\tau^* S} \quad (4)$$

【0013】すなわち、(3)式の $G_c(s)$ を採用することで、目的とした $K/\tau^* S$ が近似的に得られることが分かる。それでは、 $G_c(s)$ を具体的にPID調\*

\*節器のパラメータと対応させて見ると、次式になる。

【0014】

【数4】

$$G_c(s) = \frac{K(1+LS)(1+\tau S)}{\lambda \tau^* S}$$

$$= \frac{K}{\lambda} \left( 1 + \frac{1}{\tau^*} \cdot \frac{1}{S} + \frac{L\tau}{\tau^*} S \right) \quad \dots (5)$$

【0015】ここで、 $\tau^* = L + \tau$ とおいた。上記(5)式で、PID調節器のパラメータを決定すれば、一巡伝達関数が近似的に $K/\tau^* S$ になっているから、目標値( $r$ )に対する制御量( $y$ )の応答特性は1次遅れ特性になることがわかる。そこで、更に応答特性を良※

※くするために、(5)式の括弧の中の第2項に $\alpha$  ( $> 1$ )の値を掛け、積分動作を強める。なお、通常は、 $\alpha = 2$ を標準とするが、この値に限定されるものではない。すなわち、 $\alpha$ を考慮した $G_c(s)$ は

$$G_c(s) = K/\lambda \{ 1 + \alpha/\tau^* \cdot 1/S + (L\tau/\tau^*) S \} \\ = Kp \{ 1 + Rs (1/S) + Td S \} \quad \dots (6)$$

となる。したがって、PID調節器のパラメータの比例ゲイン $Kp$ 、リセット率 $Rs$ および微分時間 $Td$ は、次★20

【0016】

$$Kp = K/\lambda \\ Rs = \alpha/\tau^* \\ Td = L\tau/\tau^* \quad \dots (7)$$

また、 $K$ は、次式で決められるものとする。

☆ ☆ 【0017】

$$K = \beta \tau / (\beta \tau + \tau) \quad \dots (8)$$

ここで、 $\beta = 5$ を標準とするが、この値に限定されるものではない。なお、上記(8)式の根拠は、一巡伝達関数 $K/\tau^* S$ は、閉ループ系にすれば、 $\tau^*/K$ の時定数を持つ1次遅れ特性になることは、良く知られたことであるので、そこで、 $\tau^*/K$ の値としてどのような値を採用すれば良いかを考える。

◆ことは明らかである。つぎに、(1)式の右辺第2項で示された時定数 $\tau$ を閉ループ系によって短くすることを考える。その短くしたい割合を $\tau/\beta$ と考える。ここで、 $\beta > 1$ である。しかしながら、プロセスにむだ時間 $L$ が含まれる場合にはむだ時間の影響を受ける。その値は、 $L/K$ と考えると、時定数 $\tau$ を $\beta$ 分の1倍したい目標の値に加算する必要がある。すなわち、以上の内容を式で表現すると次式になる。

【0019】

$$\tau^*/K = L + (L/K) + (\tau/\beta) \quad \dots (9)$$

したがって、(9)式を整理することにより(8)式を得る。以上の関係式を使って、PID調節器のパラメータを決定するわけであるが、基本的には、プロセスの観測データを繰り返し使用して、(1)式でプロセスを後述の同定手段により同定し、得られたむだ時間 $L$ 、時定数 $\tau$ 、ゲイン $\lambda$ によりパラメータを決める。

【数5】

$(e^{-\sqrt{\tau}})^2$ の値を入力する。ここで、 $(e^{-\sqrt{\tau}})^2$

を採用しているのは、大きな時定数 $\tau$ を同定する際にはゲインを落して同定の収束性を向上させるためである。

【0020】同定手段とは、モデルの出力と対応する観測値の差を零にするために、その差に相当する値とある決められた変数を掛け合わせて得られる値を、係数器を介して積分器の入力とし、そして、その積分器の出力値をモデルのパラメータと対応させて同定させる機能をさしている。なお、時定数のパラメータを同定する系統には、前述の係数器と積分器の間に乗算器を置き、係数器の出力を乗算器の入力の片方に接続し、他の側には、

【0022】さらに、(1)式の右辺第2項のむだ時間 $L$ と時定数 $\tau$ の同定の際には、むだ時間 $L$ の値を予め3種類設定し、それぞれの $L$ における同定誤差を求めておいて、むだ時間 $L$ と同定誤差の関係を2次式で表現して、同定誤差が最小となるむだ時間 $L$ を求める。その際に、得られたむだ時間 $L$ の値が予め設定した3種類のむだ時間 $L$ の値の範囲外にある場合には、3種類のむだ時間 $L$ の設定値の一点を変えて、同定誤差を求め、得られるむだ時間 $L$ が予め設定した3種類の範囲内にくるまで繰り返し同定を行なう。そして、以上の条件を満たすむ

【0021】

50 繰り返し同定を行なう。そして、以上の条件を満たすむ

だ時間 $\tau$ が求められた段階で、再度、同定を行なってモデルの最終のパラメータを求める。

【0023】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の一実施例を説明する。図1は本発明の一実施例に係る全体的な概念図である。また、図2は同定回路、図3は調整パラメータ決定回路の詳細を示すブロック図である。

【0024】まず、図1により全体的な構成について説明する。図1において、上部は対象とするPID調節器1とプロセス4の関係を示し、下部に本発明のPID調節器のパラメータ調整装置（チューニング装置）200の概念図を示している。

【0025】本発明では、図1に示すように既知外乱(d)5を受けて制御量(y)3が変動するプロセス4を対象としている。PID調節器1は、目標値(r)6に制御量(y)3を近づけるために減算器7で制御偏差(e)8を取込み、後述の演算後、操作量(u)2を出力する。PID調節器1の演算は、制御偏差(e)8を係数器9（比例ゲイン $K_p$ ）を介して得られた値を3方向に伝える。一つは直接加算器10に入力し、二つめは係数器11（リセット率 $R_s$ ）を介して積分器12に入力し、その出力を加算器10に入力する。三つめは微分器13を通して係数器14（微分時間 $T_d$ ）に入力し、その出力を加算器10に入力する。

【0026】上記PID調節器のパラメータ調整装置200は、収録データ繰返し発生回路201、同定回路202、調整パラメータ決定回路203、パラメータ表示部204からなり、前述の対象で、既知外乱(d)5又は目標値(r)6が変動しているときの操作量(u)2、制御量(y)3および既知外乱(d)5を収録データ繰返し発生回路201により時系列データとして収録し、そのデータを繰返し発生させてオフラインでPID調節器1のパラメータ $K_p$ 、 $R_s$ 、 $T_d$ を決定する。

【0027】次に上記同定回路202及び調整パラメータ決定回路203の詳細について説明する。図2は、(1)式の伝達特性の各パラメータ $\lambda_d$ 、 $\mu_d$ 、 $\tau_d$ 、 $\lambda$ 、 $\tau$ に加えてバイアス項の $\lambda_b$ を求める同定回路202である。

【0028】この同定回路202で使用する操作量(u)2、制御量(y)3および既知外乱(d)5は、全て収録データ繰返し発生回路201で得られた値である。操作量(u)2を、一つは除算器15の分子に入力し、他は乗算器16に入力する。除算器15の分母には、後述の加算器85から出力されるノルムの値(Z)17を入力し、除算器15の出力を乗算器18の一方に入力する。乗算器18の他方には同定誤差( $\delta i$ )19を係数器20で $k$ 倍した値( $\delta i'$ )21を入力し、そして、乗算器18の出力を係数器22に入力する。係数器22の出力は積分器23に入力され、積分器23の出力がゲイン( $\lambda i$ )24となる。そして、その値は乗算

器16に入力され、乗算器16を介して、むだ時間発生器25に入力される。むだ時間発生器25のむだ時間の値は、図4と図5のアルゴリズムにより決定されるむだ時間値( $L i$ )26が入力される。むだ時間発生器25の出力は減算器27の正側に入力され、負側には積分器28の出力が入力される。

【0029】減算器27の出力を、一つは除算器29の分子に入力し、他は乗算器30に入力する。除算器29の分母には、後述のノルムの値(Z)17を入力し、除算器29の出力を乗算器31の一方に入力する。乗算器31の他方には同定誤差( $\delta i$ )19を $k$ 倍した値( $\delta i'$ )21を入力し、そして、乗算器31の出力を係数器32に入力する。係数器32の出力は乗算器33を介して積分器34に入力され、積分器34の出力が時定数 $\tau i$ の逆数となる。そして、その値は乗算器30に入力され、乗算器30の出力が積分器28の入力となる。ここで、乗算器33の他方には、積分器34の出力の逆数を求めることができる除算器35、開平器36、符号変換器37、指数関数発生器38、自乗の乗算器39を介して得られる値を入力する。

【0030】同様に、既知外乱(d)5を、一つは除算器40の分子に入力し、他は乗算器41に入力する。除算器40の分母には、後述のノルムの値(Z)17を入力し、除算器40の出力を乗算器42の一方に入力する。乗算器42の他方には同定誤差( $\delta i$ )19を $k$ 倍した値( $\delta i'$ )21を入力し、乗算器42の出力を係数器43に入力する。係数器43の出力は積分器44に入力され、積分器44の出力がゲイン( $\lambda d i$ )45となる。そして、その値は乗算器41に入力され、乗算器41を介して、加算器46に入力される。加算器46の他方には、次に述べる乗算器47の出力が入力される。定数器(値1を設定された)48の出力を、一つは除算器49の分子に入力し、他は乗算器47に入力する。除算器49の分母には、後述のノルムの値(Z)17を入力し、除算器49の出力を乗算器50の一方に入力する。乗算器50の他方には同定誤差( $\delta i$ )19を $k$ 倍した値( $\delta i'$ )21を入力し、そして、乗算器50の出力を係数器51に入力する。係数器51の出力は積分器52に入力され、積分器52の出力がバイアス値( $\lambda b i$ )53となる。そして、その値は加算器46に入力される。加算器46の出力は減算器54の正側に入力され、負側には積分器55の出力が入力される。

【0031】減算器54の出力を、一つは除算器56の分子に入力し、他は乗算器57に入力する。除算器56の分母には、後述のノルムの値(Z)17を入力し、除算器56の出力を乗算器58の一方に入力する。乗算器58の他方には同定誤差( $\delta i$ )19を $k$ 倍した値( $\delta i'$ )21を入力し、そして、乗算器58の出力を係数器59に入力する。係数器59の出力は乗算器60を介して積分器61に入力され、積分器61の出力が時定数

7

$\tau di$ の逆数となる。そして、その値は乗算器57に入力され、乗算器57の出力が積分器55の入力となる。ここで、乗算器60の他方には、積分器61の出力の逆数を求めることができる除算器62、開平器63、符号変換器64、指数関数発生器65、自乗の乗算器66を介して得られる値を入力する。

【0032】さらに、乗算器57の出力を、一つは除算器67の分子に入力し、他は乗算器68に入力する。除算器67の分母には、後述のノルムの値( $Z$ )17を入力し、除算器67の出力を乗算器69の一方に入力する。乗算器69の他方には同定誤差( $\delta i$ )19を $k$ 倍した値( $\delta i'$ )21を入力し、そして、乗算器69の出力を係数器70に入力する。この係数器70の出力は積分器71に入力され、微分係数値( $\mu di$ )72となる。

【0033】積分器55の出力と乗算器68の出力は加算器73に入力され、加算器73の出力と積分器28の出力は加算器74に入力される。そして、加算器74の出力が、同定モデルにより得られる推定の制御量( $y^*$ )75となる。減算器76では、制御量( $y$ )3を正側に入力し、推定の制御量( $y^*$ )75を負側に入力し、出力として同定誤差( $\delta i$ )19が得られる。

【0034】次に、前述の説明で再々表われたノルムの値( $Z$ )17について説明する。操作量( $u$ )2を自乗する乗算器77、減算器27の出力を自乗する乗算器78、既知外乱( $d$ )5を自乗する乗算器79のそれぞれの出力を加算器80で加算した値と、減算器54の出力を自乗する乗算器81、定数器48の出力を自乗する乗算器82、乗算器57の自乗する乗算器83のそれぞれの出力を加算器84で加算した値を加算器85で加算した値をノルムの値( $Z$ )17とする。

【0035】図3は調整パラメータ決定回路203の詳細を示すブロック図である。図4と図5のフローチャートに示すアルゴリズムにより得られたむだ時間 $L4$ 、時定数 $\tau 4$ およびゲイン $\lambda 4$ を使用して、PID調節器のパラメータ $Kp$ 、 $Rs$ 、 $Td$ を求める手順を以下に述べる。

【0036】むだ時間( $L4$ )86と $\beta$ の値を出力できる定数器87の出力を乗算器88で乗算して得られた値と時定数( $\tau 4$ )89を加算器90で加算する。また、乗算器91は定数器87の出力と時定数( $\tau 4$ )89を乗算し、その出力を乗算器92の分子に入力する。この乗算器92の分母には、加算器90の出力を入力する。その結果、除算器92の出力が $K$ の値となる。除算器93の分子には除算器92の出力 $K$ を入力し、分母にはゲイン( $\lambda 4$ )94を入力することにより、除算器93の出力が比例ゲイン( $Kp$ )95の値となる。

【0037】そして、 $\alpha$ の値を出力できる定数器96の出力を除算器97の分子に入力し、分母には加算器98の出力 $\tau^*$ を入力して、除算器97の出力がリセット率

8

( $Rs$ )99となる。加算器98の出力 $\tau^*$ は、むだ時間( $L4$ )86と時定数( $\tau 4$ )89を入力して得られる。微分時間( $Td$ )100は、除算器101の出力で、除算器101の分子には、むだ時間( $L4$ )86と時定数( $\tau 4$ )89を乗算器102で乗算した値を入力し、分母には加算器98の出力 $\tau^*$ を入力する。

【0038】次に上記実施例の全体的な動作を図4及び図5のフローチャートを参照して説明する。まず、PID調節器1のパラメータを初期設定する(ステップA1)。初期設定は、制御性は不十分でも制御系が安定になるような値とする。そして、図1において、既知外乱( $d$ )5又は目標値( $r$ )6を変動させた時の既知外乱( $d$ )5、操作量( $u$ )2及び制御量( $y$ )3の挙動を時系列で1パターン分を収録データ繰返し発生回路201に収録する(ステップA2)。例えば通常運転の負荷上げ下げ時の挙動などが1パターン分に相当する。次いで「 $i=1$ 」とおき、むだ時間の初期値として $L1$ を指定するが、一般的には小さな値にする(ステップA3)。

【0039】収録データ繰返し発生回路201は、上記ステップA2で収録したデータにより、既知外乱 $d(t)$ 、操作量 $u(t)$ 及び制御量 $y(t)$ を繰返して発生し、同定回路202に出力する(ステップA4)。同定回路202は、上記既知外乱 $d(t)$ 、操作量 $u(t)$ 及び制御量 $y(t)$ に基づいて、むだ時間 $L_i$ を固定したときの時定数 $\tau_i$ 、ゲイン $\lambda_i$ 等を同定すると共に、並行して、同定誤差 $\delta i$ を自乗した値を同定期間の終端に近い部分の指定時間帯だけ積分し、その積分値を $\sigma_i$ とする(ステップA5)。

【0040】その後、ステップA6において、「 $i=3$ 」になったか否かを判断し、 $i$ が3に達していなければ、むだ時間 $L_i$ を2倍した値を「 $L_i+1$ 」とする(ステップA7)。次いで、 $i$ を1つ増やし、「 $i=i+1$ 」とおき(ステップA8)、ステップA4に戻って上記した処理を繰返し実行する。上記ステップA4~A8の処理を繰返し実行することにより「 $i=3$ 」になると、ステップA6からステップA9に進む。

【0041】このステップA9では、 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ を横座標 $x$ の点、それに対応する縦座標 $y$ 点を $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ としたときの、これらの点を通る2次式「 $y=ax^2+bx+c$ 」を求める。すなわち、 $x$ の3点と $y$ の3点を用いて係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ を算出する。更に、ステップA10で、 $y$ の微係数を求めて、その値を零と置くことにより、 $y$ の最小値となる $x$ を算出する。すなわち、 $d/dx=2ax+b=0$ より、「 $x=-b/2a$ 」で算出する。ここで、 $a>0$ の関係を満足させなければならない。

【0042】そして、上記ステップA10で求めた $x$ の値を $L4$ とし(ステップA11)、「 $L4<L3$ 」の条件を満足するか否かを判断する(ステップA12)。上記の条



件を満足しない場合には、 $L1 = L2$ 、 $L2 = L3$  とすると共に、 $L3$  を2倍した値を $L3$ として置き直し、 $\sigma 2 = \sigma 3$ 、 $\sigma 1 = \sigma 2$ 、 $i = 3$ とにおいてステップA4に戻る。

【0043】また、上記ステップA12で、 $L4 < L3$  の条件を満足していると判断されると、ステップA13に進み、むだ時間 $L4$ を固定したときの時定数 $\tau 4$ 、ゲイン $\lambda 4$ をステップA4、A5の手順を踏んで同定する。更に、このステップA13で得られた $L4$ 、 $\tau 4$ 、 $\lambda 4$ を使用して、図3の調整パラメータ決定回路203でPID調節器1の $Kp$ 、 $Rs$ 、 $Td$ を算出し、パラメータ表示部204に表示する(ステップA14)。このステップA14で求めた $Kp$ 、 $Rs$ 、 $Td$ を調整員がPID調節器1に設定し(ステップA15)、パラメータ調整処理を終了する。

【0044】なお、上記実施例では、1台のPID調節器1を設けた場合について説明したが、PID調節器1を多数設けた場合のパラメータ調整には、その台数分だけ用意すれば一度に全てのパラメータを調整することができる。

【0045】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、PID調節器を入力したままの閉ループ系の状態で、PID調節器のパラメータの調整が可能であり、且つ、短時間で最適なパラメータを求めることができる。また、調整のため決められた波形の外乱を印加する必要がなく、通常運転の負荷変動時の観測データがあれば良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る全体的な構成を示す概念図。

【図2】同実施例における同定回路の詳細を示すブロック図。

【図3】同実施例における調整パラメータ決定回路の詳細を示すブロック図。

【図4】同実施例における全体の動作を示すフローチャート。

ート。

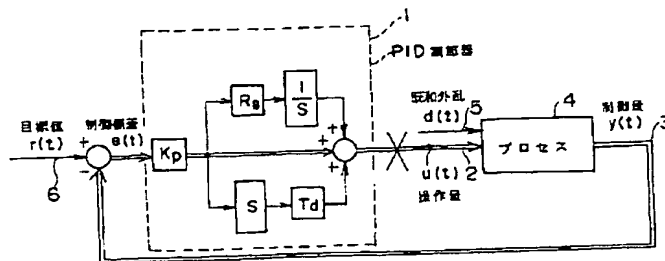
【図5】同実施例における全体の動作を示すフローチャート。

【図6】従来のPID調節器のパラメータ調整方法を説明するためのブロック図。

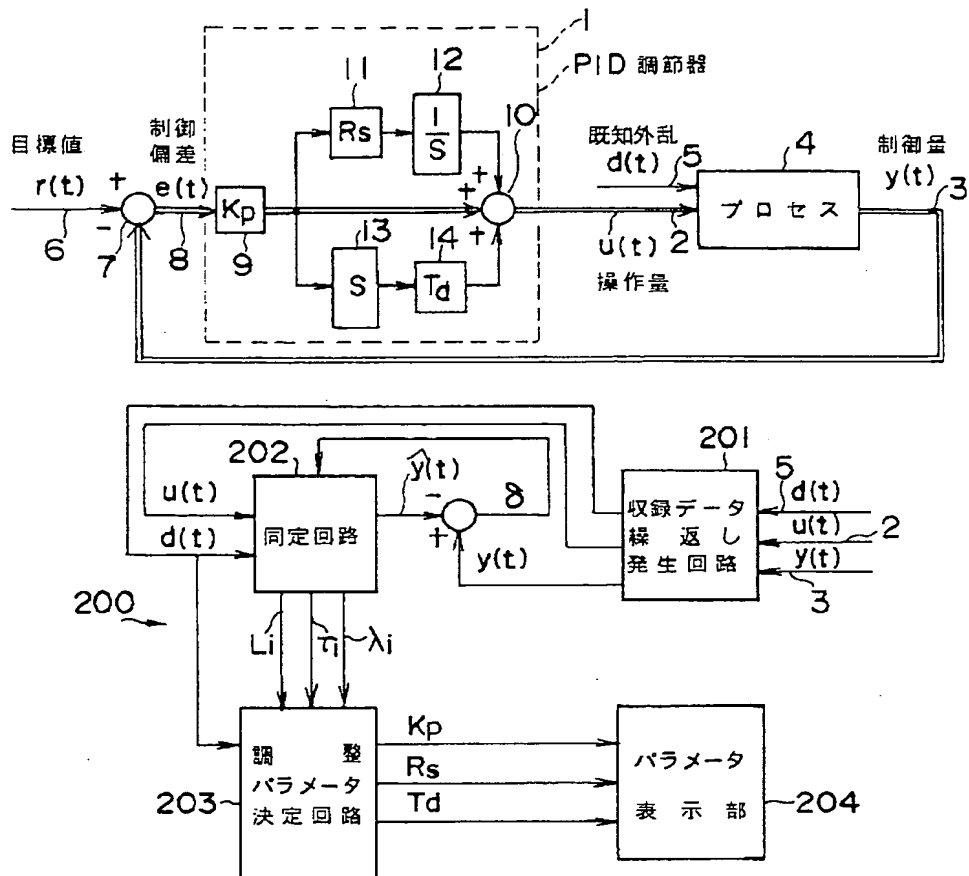
【符号の説明】

1…PID調節器、2…操作量(u)、3…制御量(y)、4…プロセス、5…既知外乱(d)、6…目標値(r)、7…減算器、8…制御偏差(e)、9…係数器(比例ゲイン $Kp$ )、10…加算器、11…係数器(リセット率 $Rs$ )、12…積分器、13…微分器、14…係数器(微分時間 $Td$ )、15、29、40、49、56、67、92、93、97、101…除算器、35、62…逆数を求めることができる除算器、16、18、30、31、33、41、42、47、50、57、58、60、68、69、88、91、102…乗算器、39、66、77、78、81、82、83…自乗する乗算器、20、22、32、43、51、59、70…係数器、23、28、34、44、52、55、61、71…積分器、25…むだ時間発生器、48、87、96…定数器、46、73、74、80、84、85、90、98…加算器、27、54、76…減算器、36、63…開平方器、37、64…符号変換器、38、65…指数関数発生器、26…むだ時間値( $Li$ )、24…ゲイン( $\lambda i$ )、19…同定誤差( $\delta i$ )、21…同定誤差( $\delta i$ )を $k$ 倍した値( $\delta i'$ )、75…推定の制御量( $y^*$ )、45…ゲイン( $\lambda di$ )、53…バイアス値( $\lambda bi$ )、72…微分係数値( $\mu di$ )、17…ノルムの値( $Z$ )、86…むだ時間( $L4$ )、89…時定数( $\tau 4$ )、94…ゲイン( $\lambda 4$ )、95…比例ゲイン( $Kp$ )、99…リセット率( $Rs$ )、100…微分時間( $Td$ )、200…PID調節器のパラメータ調整装置、201…収録データ繰返し発生回路、202…同定回路、203…調整パラメータ決定回路、204…パラメータ表示部。

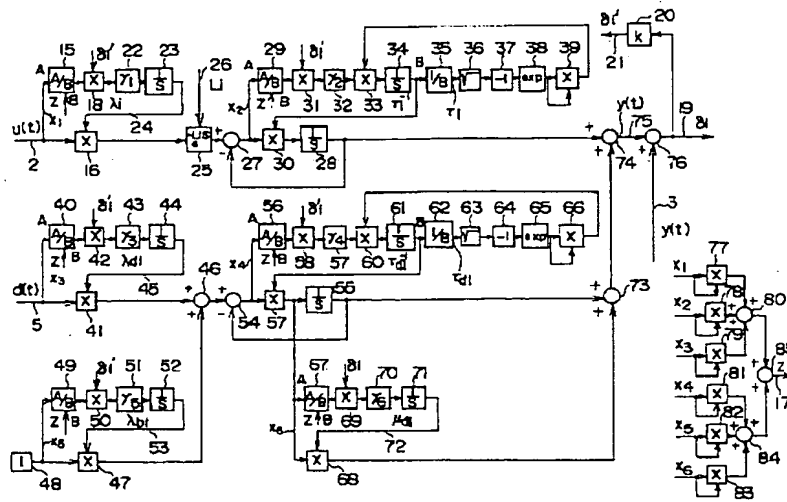
【図6】



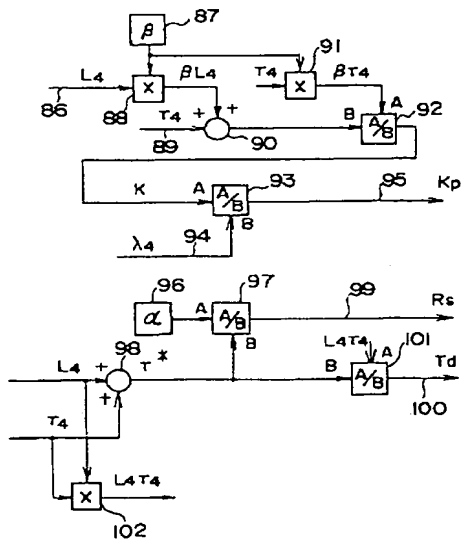
【図1】



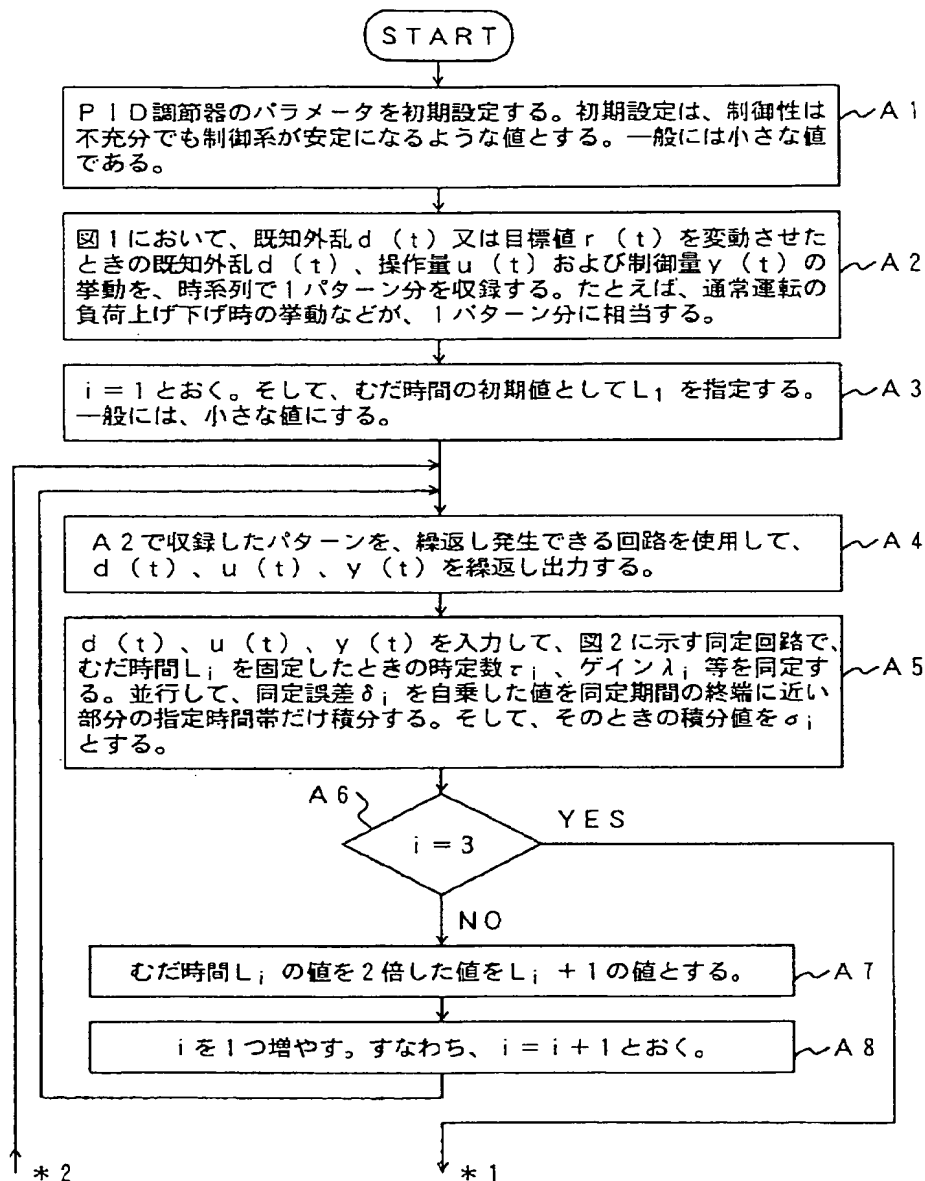
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

